



**TUGAS AKHIR TF 095565**

**RANCANG BANGUN AKTUATOR *SERVO*  
*OPERATING VALVE* PADA *PROTOTYPE* DAN  
*SIMULATOR* BOILER DI *WORKSHOP*  
INSTRUMENTASI**

**RIZAL MAULAVI  
NRP 2414.031.007**

**Dosen Pembimbing  
Ir. RONNY DWI NORIYATI, M.Kes  
NIP. 19571126 198403 2 002**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT TF145565**

***DESIGN ACTUATOR SERVO OPERATING VALVE IN  
OUTPUT STEAM ON PROTOTYPE AND SIMULATOR  
BOILER IN WORKSHOP INSTRUMENTATION***

**RIZAL MAULAVI  
NRP 2414.031.007**

**ADVISOR LECTURER  
Ir. RONNY DWI NORIYATI, M.Kes  
NIP. 19571126 198403 2 002**

***STUDY PROGRAM OF D3 INSTRUMENTATION ENGINEERING  
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING  
Faculty of Vocation  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017***

**RANCANG BANGUN AKTUATOR *SERVO*  
OPERATING VALVE DI STEAM OUTPUT PADA  
PROTOTYPE DAN SIMULATOR BOILER  
DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**TUGAS AKHIR**

**Oleh :**

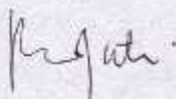
**RIZAL MAULAVI**

**NRP. 2414 031 007**

**Surabaya, 26 Juli 2017**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing**



**Ir. Ronny Dwi Noriyati M.Kes**

**NIP . 19571126 198403 2 002**

**Kepala Departemen Teknik  
Instrumentasi ITS**



**Dr.Jr. Purwadi Agus D, M.Sc**

**NIP. 19620822 198803 1 001**

**RANCANG BANGUN AKTUATOR SERVO  
OPERATING VALVE DI STEAM OUTPUT PADA  
PROTOTYPE DAN SIMULATOR BOILER  
DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**RIZAL MAULAVI**  
**NRP. 2414 031 007**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes ..... (Pembimbing)
2. Dr. Ir. Purwadi Agus D. M.Sc ..... (Ketua Tim Penguji)
3. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA ..... (Penguji I)
4. Dr. Bambang Lelono W. ST, MT ..... (Penguji II)
5. Dr. Gunawan N. ST, MT ..... (Penguji III)
6. Herry Sufyan Hadi, ST, MT ..... (Penguji IV)

**SURABAYA**  
**JULI 2017**

# **RANCANG BANGUN AKTUATOR *SERVO OPERATING VALVE* DI *OUTPUT STEAM* PADA *PROTOTYPE* DAN *SIMULATOR BOILER* DI *WORKSHOP INSTRUMENTASI***

**Nama** : Rizal Maulavi  
**NRP** : 2414 031 007  
**Program Studi** : D3 Teknik Instrumentasi  
**Departemen** : Teknik Instrumentasi  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes

## **Abstrak**

Dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap, untuk memberikan listrik yang memadai, sumber *steam* harus sesuai dengan kriteria, khususnya tekanan. Untuk alasan kriteria tersebut maka perlu suatu sistem pengendalian terhadap variabel tersebut. Oleh karena itu, dilakukan pembuatan tugas akhir ini mengenai rancang bangun aktuator *servo operating valve* di *output steam* pada *prototype and simulator* boiler di *workshop instrumentasi*. Adapun instrumen yang digunakan yaitu mikrokontroler atmega 16, *final control element* berupa *servo operating valve* dan *pressure trasmitter Altronic Press. Sensor P/N 691201100*. Dari hasil pengambilan data tugas akhir ini, dilakukan uji sensor pada *pressure transmitter* dan pembacaan *Pressure Transmitter* pada sistem. *Set point pressure* yang diinginkan yaitu 4 bar. Dari hasil pengujian alat sensor didapatkan didapat nilai rancang bangun aktuator *servo operating valve* tersebut memiliki nilai error dibawah 5% yaitu 0,279%. Sehingga dari tugas akhir ini, telah dihasilkan rancang bangun sistem pengendalian *pressure steam output* yang berjalan dengan normal.

**Kata kunci:** *servo, operating, valve, boiler*

**DESIGN ACTUATOR SERVO OPERATING VALVE IN  
OUTPUT STEAM ON PROTOTYPE AND SIMULATOR BOILER  
IN WORKSHOP INSTRUMENTATION**

**Name** : Rizal Maulavi  
**NRP** : 2414 031 007  
**Study Program** : Diploma of Instrumentation  
**Department** : Instrumentation Engineering  
**Advisor Lecture** : Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes

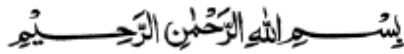
***Abstract***

*In a Steam Power Plant, to provide sufficient electricity, the steam source must conform to the criteria, especially pressure. For reasons such criteria then need a system of control of these variables. Therefore, this final project is done about the design of actuator servo operating valve at steam output in prototype and boiler simulator in instrumentation workshop .. The instrument used is microcontroller atmega 16, final control element in the form of servo operating valve and pressure trasmitter Altronic Press . Sensor P / N 691201100. From the results of this final data collection, tested the sensor on the pressure transmitter and readings Pressure Transmitter on the system. The desired set point pressure is 4 bars. From the results of testing the sensor obtained obtained the value of the design of actuator servo operating valve has an error value below 5% is 0.279%. So from this final project, it has been produced the design of pressure steam output control system that run normally.*

.

***Keywords:*** servo, operating, valve, boiler

## KATA PENGANTAR



Puji syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT serta Nabi Muhammad SAW atas berkah, limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada kami semua sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir tepat waktu dengan judul :

### **“RANCANG BANGUN AKTUATOR *SERVO OPERATING VALVE* DI *STEAM OUTPUT* PADA *PROTOTYPE* DAN *SIMULATOR BOILER* DI *WORKSHOP INSTRUMENTASI* ”**

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma pada prodi D3 Teknik Instrumentasi Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Kaprodi D3 Teknik Instrumentasi yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada kami.
2. Bapak Ir. Zulkifli, M.Sc ,selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi dan perhatiannya selama penulis menjadi mahasiswa di Departemen Teknik Instrumentasi.
3. Ibu Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes , selaku pembimbing tugas akhir yang senantiasa selalu bersabar dan memberikan segala ilmu dan bimbingannya yang diberikan selama pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Kepala Laboratorium Workshop Instrumentasi yang telah memberikan izin menggunakan *workshop* intrumentasi sebagai tempat pengerjaan tugas akhir kami.
5. Orang Tua saya yang tercinta, Ibu saya Nur Azizah dan Ayah saya Achmad Syaifuddin serta adik saya Rachma,

terima kasih atas segala dukungan dan kepercayaan baik moril, spiritual dan material. Semoga selalu dilimpahkan rahmat dan hidayahnya.

6. Sahabat saya Atika Diyanasari terima kasih atas segala dukungan dan kepercayaannya.
7. Kelompok TA Boiler Tachfiezal (Amin), Tantowi (Bapak), Fajar Muhlisin (Amox), Zulfa (Ju), Tirta (Itik) yang bersama-sama berjuang dalam pengerjaan tugas akhir. Semoga akan selalu teringat kebersamaan kita.
8. Keluarga besar Pejuang Tangguh Workshop 2014 yang selalu menemani saat perjuangan dari titik awal sampai akhir ini.
9. Keluarga kedua saya “SODARA – SODARI” yang selalu men-support saya dari kota perantauan masing – masing.
10. Teman-teman seperjuangan tugas akhir D3 Teknik Instrumentasi angkatan 2014 yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.
11. Kakak-kakak dari lintas jalur maupun alumni yang selalu memberi bimbingan dan pengetahuan seputar tugas akhir.
12. Serta semua pihak yang turut membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini, terima kasih banyak

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik.

Surabaya, 19 Juni 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL I</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL II</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Sistematika Laporan .....	2
1.6 Manfaat .....	3
<b>BAB II TEORI PENUNJANG</b>	
2.1 Boiler .....	5
2.2 Sistem Pengendalian .....	8
2.3 Klasifikasi Boiler .....	9
2.4 Sensor dan <i>Transmitter</i> .....	11
2.5 <i>Servo Operating Valve</i> .....	12
2.6 Mikrokontroler Atmega 16 .....	13
2.7 LCD 16x2 .....	16
2.8 BASCOM AVR .....	17
<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT</b>	
3.1 Perancangan Sistem .....	21
3.2 Perancangan Mekanik Alat .....	22
3.3 Perancangan Sistem Kontrol <i>Pressure Steam Output</i> .....	25
3.4 Perancangan Blok Diagram Sistem Pengendalian .....	27
<b>BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS</b>	
4.1 Pengujian Sensor <i>Pressure Transmitter</i> .....	39
4.1 Pengujian Sistem Pengendalian <i>Steam output</i> Boiler .....	41

4.3 Pembahasan.....	50
---------------------	----

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	51
---------------------	----

5.2 Saran.....	51
----------------	----

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Boiler .....	5
<b>Gambar 2.2</b> <i>Economizer</i> .....	6
<b>Gambar 2.3</b> <i>Furnace</i> .....	6
<b>Gambar 2.4</b> <i>Steam Drum</i> .....	7
<b>Gambar 2.5</b> <i>Superheater</i> .....	7
<b>Gambar 2.6</b> Diagram Blok <i>Open Loop</i> .....	8
<b>Gambar 2.7</b> Diagram Blok <i>Close Loop</i> .....	8
<b>Gambar 2.8</b> Motor Servo .....	13
<b>Gambar 2.9</b> <i>Chip Atmega 16</i> .....	14
<b>Gambar 2.10</b> Konfigurasi Atmega 16 .....	15
<b>Gambar 2.11</b> LCD 16x2 .....	16
<b>Gambar 2.12</b> Pin-Pin LCD 16x2 .....	17
<b>Gambar 2.13</b> BASCOM AVR .....	18
<b>Gambar 3.1</b> <i>Flowchart Sistem</i> .....	19
<b>Gambar 3.2</b> Gambar Keseluruhan Boiler .....	21
<b>Gambar 3.3</b> <i>Design Boiler</i> .....	21
<b>Gambar 3.4</b> <i>Pipping and Instrumentation Diagram Boiler</i> ..	22
<b>Gambar 3.5</b> Rancang Bangun Sistem <i>Pressure Steam Output</i> Baru .....	22
<b>Gambar 3.6</b> Diagram Blok .....	24
<b>Gambar 3.7</b> <i>Pressure Transmitter</i> .....	24
<b>Gambar 3.8</b> Motor Servo .....	25
<b>Gambar 3.9</b> Konfigurasi Pin Atmega 16 .....	26
<b>Gambar 3.10</b> <i>Pressure Gauge</i> .....	26
<b>Gambar 3.11</b> Indikator LCD 16x2 .....	27
<b>Gambar 3.12</b> Code pada Bascom AVR .....	27
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Pembacaan Naik dengan standar .....	34
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Pembacaan Turun dengan standar .....	34
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Respon Aktuator .....	36
<b>Gambar 4.4</b> Grafik <i>Response Time steam output boiler</i> .....	40

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Data Hasil Kalibrasi Sensor.....	39
<b>Tabel 4.2</b> Pembacaan <i>Pressure Transmitter</i> pada Sistem.....	42
<b>Tabel 4.3</b> Lanjutan tabel 4.2 .....	43
<b>Tabel 4.4</b> Lanjutan tabel 4.3 .....	44
<b>Tabel 4.5</b> Pengukuran Mencapai <i>Set Point</i> .....	45
<b>Tabel 4.6</b> Lanjutan tabel 4.5 .....	46
<b>Tabel 4.7</b> Lanjutan tabel 4.6 .....	47
<b>Tabel 4.8</b> Lanjutan tabel 4.7 .....	48

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Boiler uap adalah peralatan konversi energi atau perangkat yang mengubah energi kimia bahan bakar seperti batubara, minyak, gas atau energi nuklir menjadi uap yang pada gilirannya digunakan untuk energi mekanik. Boiler juga biasa digunakan di industri untuk menghasilkan uap listrik yang digunakan untuk berbagai keperluan seperti pemanasan atau pengeringan senyawa kimia dalam suatu reaktor. Fungsi utamanya dari boiler adalah untuk menjaga energi uap seimbang dengan permintaan beban sambil mempertahankan variabel internal seperti tekanan <sup>[1]</sup>.

Boiler uap memainkan peran penting dalam semua jenis industri <sup>[2]</sup>. Boiler adalah bejana tertutup yang menyediakan sarana untuk Mengubah air menjadi uap. Uap di bawah tekanan saat itu digunakan untuk mentransfer panas ke suatu proses. Air yang berguna untuk mentransfer panas ke sebuah proses. Saat air dipanaskan volumenya meningkat sekitar 1600 kali, menghasilkan kekuatan yang hampir sama eksplosifnya dengan bubuk mesiu. Hal ini menyebabkan boiler sangat berbahaya dan proses *product steam* boiler sangat penting untuk dikendalikan Karena tekanan dan suhu tinggi adalah bahaya utama memiliki risiko ledakan. Proses *product steam* boiler sangat kompleks karena semua variabel (tekanan, suhu, arus, level) saling terkait <sup>[3]</sup>. Namun dalam hal ini, segala proses yang ada pada boiler tentunya harus memiliki nilai-nilai yang telah ditentukan (*set point*) agar keluaran dapat sesuai dengan proses selanjutnya yaitu memutar turbin. Sistem ini biasa disebut pengendalian (kontrol) dan digunakan terhadap variabel proses seperti *pressure* (tekanan), temperatur, *flow* (aliran), dan level. Salah satu variabel yang terdapat pada boiler dan memiliki peran vital untuk proses selanjutnya yaitu memutar turbin adalah tekanan yang terdapat pada uap keluaran (*steam output*).

Tekanan pada *steam output* merupakan salah satu parameter yang paling penting Untuk efisiensi pembangkit listrik. Tekanan

uap tinggi dan suhu adalah kondisi yang diperlukan untuk mencapai *set point* yang diinginkan untuk memutar turbin. Di sisi lain tekanan uap yang stabil adalah kondisi yang diperlukan untuk kualitas tinggi suhu uap dan kontrol turbin. Demikian, kontrol tekanan uap adalah memberikan tekanan rendah variasi yang memungkinkan dengan cara itu tekanan mendekati batas keamanan dan tidak melebihi itu <sup>[4]</sup>. Tekanan pada *steam output* harus sesuai dengan nilai dari *set point* sehingga perlu diberikan suatu aktuator yang mampu melakukan pengendalian tekanan pada *output steam*. Oleh karena itu diambil judul pada tugas akhir ini mengenai pembuatan rancang bangun aktuator *servo operating valve* di *output steam* pada *prototype and simulator* boiler di workshop instrumentasi.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang *Servo operating valve* pada *steam output* di *simulator* boiler?

## 1.3 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahannya yaitu adalah:

1. *Solenoid valve* di akan di ganti dengan SOV (*Servo Operating Valve*).
2. Mikrokontroller yang digunakan adalah ATMega 16.

## 1.4 Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam tugas akhir ini adalah :

1. Dirancang dan dibuat aktuator SOV(*Servo operating valve*) pada *steam output* di *simulator* boiler.

## 1.5 Sistematika Laporan

Adapun sistematika dalam laporan tugas akhir ini adalah disusun dengan perincian sebagai berikut:

## **BAB I      Pendahuluan**

Bab I menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, sistematika laporan dan manfaat.

## **BAB II      Tinjauan Pustaka**

Bab II mengulas tinjauan pustaka yang digunakan sebagai acuan tugas akhir. Bab ini berisi ulasan dari boiler, atmega 16 dan teori penunjang yang lain.

## **BAB III      Perancangan dan Pembuatan Alat**

Bab III ini membahas terkait dari perancangan alat dan pembuatan alat yang diulas secara detail dari proses awal pembuatan alat sampai tahap akhir pembuatan alat. Serta dijelaskan proses integrasi antara *hardware* dan *software*.

## **BAB IV      Pengujian dan Analisa**

Bab IV mengulas hasil data yang diperoleh dari alat. Bab ini menjelaskan kinerja dari alat untuk mengetahui kemampuan alat.

## **BAB V      Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan untuk rekomendasi tugas akhir atau pengembangan selanjutnya.

### **1.6 Manfaat**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini yaitu :

1. Tugas akhir ini dapat dijadikan untuk bekal bagi peserta untuk kedepannya dalam menghadapi dunia tentang industri yang terkait dengan sistem kontrol pada *power plant*.
2. Tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai ajang menambah pengetahuan bagi adik tingkat di program studi D3 Teknik Instrumentasi tentang sistem kontrol pada *power plant*.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

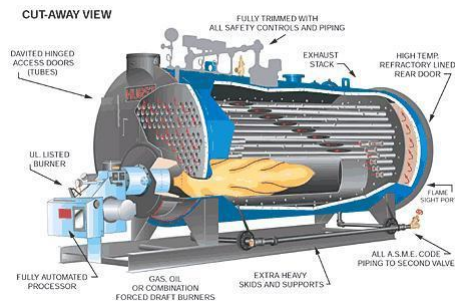


## BAB II

### TEORI PENUNJANG

#### 2.1 Boiler

Boiler adalah suatu *equipment* yang berupa ketel uap yang digunakan untuk memanaskan air agar dihasilkan uap (*steam*) sebagai keluarannya dengan temperatur dan tekanan yang tinggi. Pada dasarnya, boiler merupakan komponen dari siklus *plant* yang mendapat panas dari bahan bakar sehingga secara efektif dapat mengubah fasa air mejadi fasa uap (*steam*).



**Gambar 2.1** Boiler <sup>[5]</sup>

Boiler sering dikaitkan dengan generator, karena memang fungsi utama dari boiler yaitu untuk menghasilkan uap yang selajutya digunakan untuk membangkitkan generator sehingga diproduksi listrik.

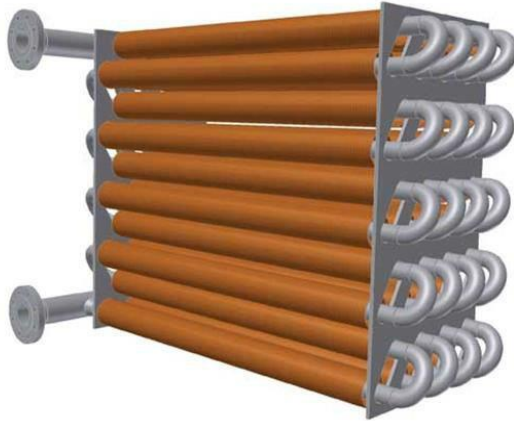
Adapun umumnya boiler memiliki bagian-bagian penting yang memiliki fungsi tertentu. Adapun bagian-bagian tersebut seperti *economizer*, *steam drum*, *super heater*, *burner*, dan lain-lain. Berikut fungsi dari masing-masing bagian tersebut:

a. *Economizer*

Merupakan sebuah tempat yang memiliki fungsi untuk pemanas air sebelum masuk ke dalam *steam drum*. Sehingga air yang telah melewati bagian ini akan memiliki temperatur yang lebih tinggi daripada sebelumnya. Letak *economizer*

ada di dalam boiler bagian belakang atau sisi keluaran gas panas.

---



---

**Gambar 2.2** *Economizer* <sup>[6]</sup>

b. *Furnace*

Merupakan bagian berupa ruangan tempat terjadinya pembakaran. Di dalam *furnace* ini terdapat burner, pipa-pipa *economizer*, *fan* primer maupun sekunder untuk menunjang proses pembakaran dengan menggunakan bahan bakar.



**Gambar 2.3** *Furnace*

c. *Steam Drum*

Merupakan suatu bagian yang digunakan untuk menampung air yang sebelumnya setelah dipanaskan. Prinsip dari sistem pada *steam drum* ini yaitu dengan sirkulasi akibat adanya perbedaan massa jenis. Apabila air yang memiliki temperatur tinggi setelah dipanasi, maka akan menjadi uap air yang akan bergerak ke atas untuk memasuki *superheater*. Uap bergerak ke atas dikarenakan memiliki massa jenis lebih rendah daripada air. Sedangkan air yang tidak menjadi uap akan kembali dipanaskan melalui sirkulasi dan akan terjadi terus menerus hingga menjadi uap.



**Gambar 2.4** *Steam Drum*

d. *Superheater*

Merupakan bagian yang digunakan untuk memanaskan lanjut uap saturasi sampai dihasilkan uap yang benar-benar kering (*steam super heat*). Adapun maksud dari dibuatkannya uap kering adalah supaya sudu-sudu turbin tidak terkikis oleh butiran-butiran air. Pada umumnya susunan pemanas uap lanjut (*steam super heater*) ini dibuat bertingkat yakni *primary super heater*, *secondary super heater*, dan *final super heater* adalah dengan maksud untuk memudahkan pengontrolan temperatur keluarannya.



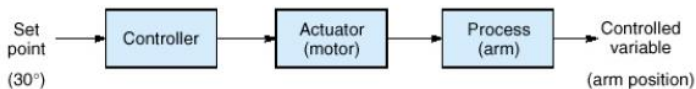
**Gambar 2.5 Superheater**

## 2.2 Sistem Pengendalian

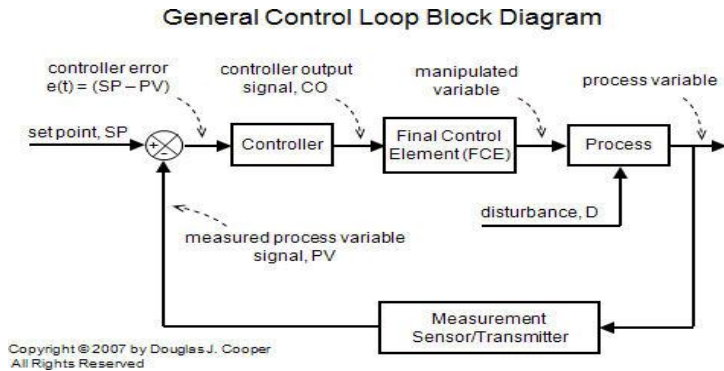
Sistem kendali dapat dikategorikan dalam beberapa kategori yaitu sistem kendali secara manual dan otomatis, sistem kendali tertutup (*closed loop*) dan terbuka (*open loop*). Sistem kendali terbuka (*open loop*) atau Sistem Kendali Loop Terbuka adalah suatu sistem kendali yang keluarannya tidak akan berpengaruh terhadap aksi kendali. Sehingga keluaran sistem tidak dapat diukur sebagai perbandingan umpan balik dengan masukan. Jadi pada setiap masukan didapatkan suatu kondisi operasi yang tetap. Sedangkan ketelitiannya akan tergantung pada kalibrasi. Dalam prakteknya sistem kendali loop terbuka dapat digunakan jika hubungan *output* dan *input* nya diketahui serta tidak adanya gangguan *internal* dan *eksternal*.

### 2.2.1 Sistem Pengendalian Close - Open Loop

Secara umum sebuah sistem pengendalian divisualisasikan berupa diagram blok seperti gambar berikut untuk mengetahui *loop* dari sistem. Adapun contoh dari diagram blok yaitu pada sistem pengendalian *close loop* dan *open loop*.



**Gambar 2.6 Diagram Blok *Open Loop*** <sup>[7]</sup>



**Gambar 2.7** Diagram Blok *Close Loop* [8]

Dalam sistem pengendalian tertutup, sistem ini terdiri dari tiga elemen penting yaitu kontroler, *final control element*, dan sensor atau *transmitter*. Ketiga elemen tersebut saling berkaitan dengan sebuah *plant* yang merupakan tempat berlangsungnya fluida baik fluida cair atau gas yang sedang dikendalikan. Sensor atau *transmitter* digunakan untuk mengukur kuantitas variabel proses pada sebuah *plant* dan kemudian akan mentransmisikannya ke kontroler. Apabila nilai yang diperoleh tidak memenuhi yang diinginkan (*set point*), maka *final control element* akan memanipulasi kuantitas variabel proses tersebut atas instruksi yang diberikan kontroler sehingga mencapai *set point* atau eror sama dengan nol. Proses ini akan berjalan terus menerus hingga *set point* tercapai. Sedangkan untuk pengendalian terbuka dapat dikatakan bila sistem pengendalian ini tidak membutuhkan sensor atau *transmitter*. Perbedaan antara keduanya adalah sistem *close loop* memerlukan *feedback* (umpan balik berupa sensor atau *transmitter*). Sedangkan pada sistem *open loop* tidak.

## 2.3 Klasifikasi Boiler

Boiler/ketel uap pada dasarnya terdiri dari bumbung (*drum*) yang tertutup pada ujung pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air. Banyak orang mengklasifikasikan ketel uap tergantung kepada

sudut pandang masing-masing. Dalam laporan ini ketel uap diklasifikasikan dalam kelas yaitu:

1. Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa, maka ketel diklasifikasikan sebagai berikut :
  - a. Ketel pipa api (*fire tube boiler*) Pada ketel pipa api, fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala (hasil pembakaran), yang membawa energi panas (*thermal energy*), yang segera mentransfernya ke air ketel melalui bidang pemanas (*heating surface*). Tujuan pipa-pipa api ini adalah untuk memudahkan distribusi panas (kalor) kepada air ketel. Api/gas asap mengalir dalam pipa sedangkan air/uap diluar pipa Drum berfungsi untuk tempat air dan uap, disamping itu drum juga sebagai tempat bidang pemanas. Bidang pemanas terletak di dalam drum, sehingga luas bidang pemanas yang dapat dibuat terbatas.
  - b. Ketel pipa air (*water tube boiler*) Pada ketel pipa air, fluida yang mengalir dalam pipa adalah air, energi panas ditransfer dari luar pipa (yaitu ruang dapur) ke air ketel.
2. Berdasarkan pemakaiannya, ketel dapat diklasifikasikan sebagai berikut :
  - a. Ketel stasioner (*stationary boiler*) atau ketel tetap.
  - b. Ketel mobil (*mobile boiler*), ketel pindah atau portabel boiler. Yang termasuk *stasioner* adalah ketel-ketel yang didudukkan diatas pondasi yang tetap, seperti boiler untuk pembangkit tenaga, untuk industri dan lain-lain yang seperti ini.
3. Berdasarkan letak pembakaran (*furnace position*), ketel uap diklasifikasikan sebagai:
  - a. Ketel dengan pembakaran di dalam (*internally fired steam boiler*), dalam hal ini dapur berada (pembakaran terjadi) di bagian dalam ketel. Kebanyakan ketel pipa api memakai sistem ini.
  - b. Ketel dengan pembakaran di luar (*outernally fired steam boiler*), dalam hal ini dapur berada (pembakaran terjadi) di bagian luar ketel, kebanyakan ketel pipa air memakai sistem ini.

4. Berdasarkan jumlah *tube* (*boiler tube*), ketel ini diklasifikasikan sebagai:
  - a. Ketel dengan *tube* tunggal (*single tube steam boiler*).
  - b. Ketel dengan *tube* ganda (*multi tube steam boiler*).

Pada *single tube steam boiler*, hanya terdapat satu lorong saja, apakah itu lorong api atau saluran air saja. *Cornish boiler* adalah *single fire tube boiler* dan *simple vertical boiler* adalah *single water tube steam boiler*.
5. Tergantung kepada poros tutup drum (*shell*), ketel diklasifikasikan sebagai:
  - a. Ketel tegak (*vertical steam boiler*), seperti ketel *cochran*, ketel *clarkson* dan lain-lain sebagainya.
  - b. Ketel mendatar (*horizontal steam boiler*), seperti ketel *cornish*, *lancashire*, *scotch* dan lain-lain.
6. Menurut bentuk dan letak pipa, ketel uap diklasifikasikan sebagai berikut:
  - a. Ketel dengan pipa lurus, bengkok, dan berlekak-lekuk (*straight, bent and sinous tubuler heating surface*).
  - b. Ketel dengan pipa miring-datar dan miring-tegak (*horizontal, inclined or vertical tubuler heating surface*).
7. Menurut sistem peredaran air ketel (*water circulation*), ketel uap diklasifikasikan sebagai berikut :
  - a. Ketel dengan peredaran alam (*natural circulation steam boiler*).
  - b. Ketel dengan peredaran paksa (*forced circulation steam boiler*).
8. Tergantung kepada sumber panasnya (*heat source*) untuk pembuatan uap, ketel uap dapat diklasifikasikan sebagai berikut :
  - a. Ketel uap dengan bahan bakar alami.
  - b. Ketel uap dengan bahan bakar buatan.
  - c. Ketel uap dengan dapur listrik.
  - d. Ketel uap dengan energi nuklir <sup>[9]</sup>

## 2.4 Sensor dan Transmitter

Setiap variabel proses memiliki elemen tersendiri untuk melakukan proses pengukuran dan transmisi. Pada umumnya untuk melakukan transmisi diperlukan sebuah sensor untuk mengubah suatu besaran fisis satu menjadi besaran lainnya yang dalam hal ini merupakan besaran standar yang dapat berupa tegangan (1 – 5 Volt), arus (4 – 20 mA), maupun tekanan (3-15 psi). Kemudian dari pengukuran dari sensor tersebut akan ditransmisikan oleh sebuah *transmitter* ke kontroler yang akan dibaca sebagai error. Pada dasarnya di dalam *transmitter* terdapat *transducer*. *Transducer* tersebut yang akan mengubah besaran-besaran yang di-*sensing* menjadi besaran standar. Sehingga, dengan ini dapat dikatakan bahwa *transducer* pada *transmitter* ini berupa sensor. Namun perlu diingat bahwa *transducer* tidak hanya berupa sensor. Banyak terdapat *transducer* selain sensor.

Dalam aplikasinya, pemilihan sensor ditentukan oleh spesifikasi dan karakteristik statik dari suatu jenis sensor. Karakteristik sensor tersebut seperti *range*, *span*, akurasi, presisi, sensitivitas, dan lain-lain. Adapun pengertian dari setiap karakteristik statik adalah sebagai berikut:

- a. *Range*  
Adalah jangkauan nilai pengukuran terhadap suatu besaran atau variabel proses. Contoh *range* suatu pengukuran temperatur 0 – 100 °C
- b. *Span*  
Adalah selisih dari nilai maksimum terhadap minimum. Contoh pada pengukuran tekanan memiliki range 10 – 50 psi, maka, span diperoleh sebesar 40. (50 psi – 10 psi)
- c. Akurasi  
Adalah seberapa dekat suatu nilai hasil pengukuran terhadap nilai sebenarnya
- d. Presisi  
Adalah seberapa konsisten suatu nilai hasil pengukuran pada satu waktu satu dengan waktu yang lain (pada saat waktu yang berbeda).
- e. Sensitivitas



Adalah seberapa kecil suatu perubahan suatu variabel proses yang dapat diukur sensor.<sup>[10]</sup>

f. Resolusi

Adalah nilai terkecil yang dapat dibaca suatu sensor.

## 2.5 Servo Operating Valve

**Servo Operating Valve** atau motor servo adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo.



**Gambar 2.8** Motor Servo <sup>[11]</sup>

Motor servo disusun dari sebuah motor DC, gearbox, variabel resistor (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (*axis*) motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang pada pin kontrol motor servo. Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.

Motor Servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50 Hz. Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi Ton duty cycle 1.5 ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 0° netral). Pada saat Ton duty cycle dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar ke berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock wise, CCW*) dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya Ton duty cycle, dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya, jika Ton duty cycle dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar searah jarum jam (*Clock Wise, CW*) dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya Ton duty cycle, dan bertahan diposisi tersebut.

## **2.6 Mikrokontroler Atmega 16**

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu chip. Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa plot masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi. Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) merupakan pengontrolan utama standar industri dan riset saat ini. Hal ini dikarenakan berbagai kelebihan yang dimilikinya dibandingkan mikroprosesor antara lain lebih murah, dukungan software dan dokumentasi yang memadai dan memerlukan komponen pendukung yang sangat sedikit. Salah satu tipe mikrokontroler AVR untuk aplikasi standar yang memiliki fitur memuaskan ialah ATmega16. Mikrokontroler AVR standar memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit. Secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya ALU (*Arithmetic and Logical Unit*), himpunan register kerja, register dan decoder instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya.



**Gambar 2.9** Chip Atmega 16 <sup>[12]</sup>

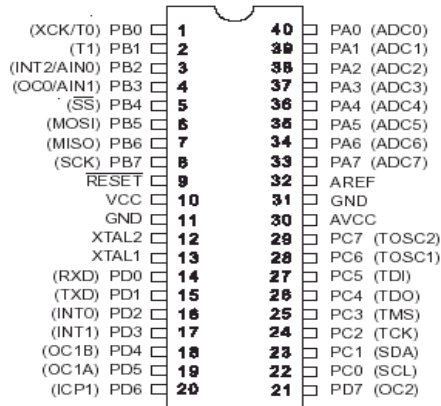
Berikut adalah fitur yang terdapat pada *microcontroller* Atmega16 yaitu:

- Mikrokontroler AVR 8 Bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah.
- Memiliki kapasitas Flash memori 16 KByte.
- Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D
- CPU terdiri atas 32 register.
- Unit Interupsi internal dan eksternal.
- ADC internal dengan fidelitas 10 bit 8 channel.
- Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
- Port USART untuk komunikasi serial.

#### 2.5.1. Konfigurasi PIN

Konfigurasi pin mikrokontroler Atmega16 dengan kemasan 40 pin dapat dilihat pada gambar di bawah. ATmega16 memiliki 32 pin yang digunakan untuk input/output, pin-pin tersebut terdiri dari 8 pin sebagai port A, 8 pin sebagai port B, 8 pin sebagai port C, 8 pin sebagai port D. Dalam komunikasi serial, maka hanya port D yang dapat digunakan karena fungsi khusus yang dimilikinya. Untuk lebih jelas akan ditunjukkan pada tabel-tabel

fungsi khusus port. Susunan pin Mikrokontroler ATmega16 diperlihatkan pada gambar dibawah ini. seperti Gambar 2.6 .



**Gambar 2.10** Konfigurasi Pin Atmega 16 <sup>[13]</sup>

Fungsi umum dari susunan pin *microcontroller* Atmega16 adalah sebagai berikut:

- VCC merupakan catu daya positif.
- GND sebagai pin *ground* catu daya negatif. 8
- Port A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin dari ADC.
- Port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan fungsinya sebagai, *timer/counter*, komparator analog, dan SPI.
- Port C (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan fungsinya sebagai, TWI, komparator analog, dan timer osilator.
- Port D (PD0..PD7) merupakan pin I/O dua arah dan fungsinya sebagai, komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial.
- Reset merupakan pin yang digunakan untuk me-reset *microcontroller*.
- XTAL 1 dan XTAL 2 sebagai pin clock eksternal. Pada *microcontroller* membutuhkan sumber (*clock*) agar dapat

mengeksekusi instruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, maka semakin cepat *microcontroller* tersebut.

- AVCC sebagai pin tegangan untuk ADC.
- AREF sebagai pin tegangan referensi.

## 2.7 LCD 16x2

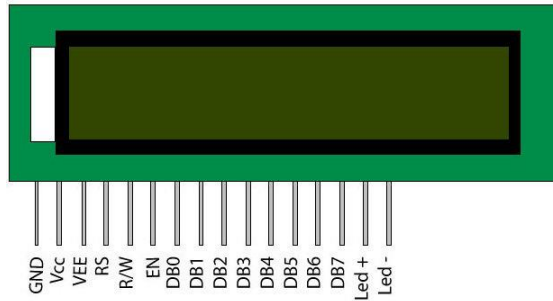
*LCD (Liquid Crystal Display)* ini merupakan suatu *device* untuk menampilkan data berupa tampilan (*display*). LCD yang ada di pasaran terdiri dari berbagai ukuran, seperti 16x2, 16x4, dan lain-lain.



**Gambar 2.11** LCD 16x2 <sup>[14]</sup>

Gambar tersebut merupakan contoh dari LCD dengan ukuran 16 x 2, yang artinya terdiri dari 16 baris dan 2 kolom. Masing-masing baris memiliki alamat memori tersendiri. Kolom pertama 16 segmen \$80H - \$8FH, sedangkan kolom kedua memiliki alamat memori \$0C0H - \$0CFH. LCD membutuhkan tegangan sebagai *power* yaitu sebesar 0 – 5 Volt DC. Tegangan tersebut masuk ke dalam pin 2 (VSS) sebagai GND dan pin 2 (VDD sebagai VCC. Ada pula pin 3 (VEE) untuk mengatur tingkat keterangan cahaya *backlight* yang biasa dilakukan dengan pengaturan resistansi menggunakan potensiometer. Pada rangkaian LCD 16x2 biasanya diberi dioda yang berguna untuk kepentingan *safety*. Selain itu juga terdapat pin RW, RS dan E (*Enable*), pin D0,D1,D2 ... hingga D7 yang terletak pada pin 7 - 14.

Berikut secara keseluruhan urutan pin-pin LCD 16x2:



**Gambar 2.12** Pin-pin LCD 16x2 <sup>[15]</sup>

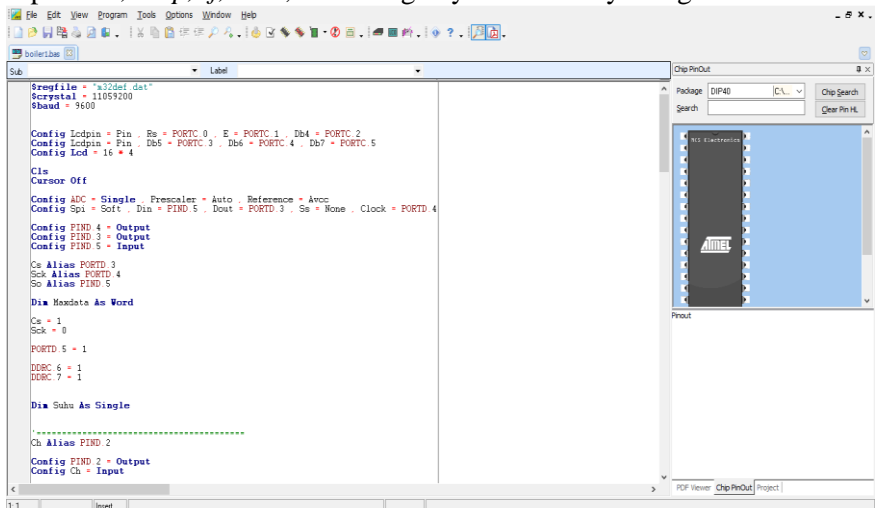
## 2.8 BASCOM AVR

BASCOM-AVR adalah salah satu peralatan untuk pengembangan / pembuatan program yang kemudian ditanamkan dan dijalankan pada mikrokontroller untuk mikrokontroller keluarga AVR (Alf and Vegard's Risc processor). BASCOM-AVR juga bisa disebut sebagai IDE (Integrated Development Environment) yaitu lingkungan kerja yang terintegrasi, karena disamping tugas utamanya (meng-compile kode program menjadi file HEX / bahasa mesin). Selain itu BASCOM-AVR juga memiliki kemampuan / fitur lain yang berguna sekali, contoh :

- Terminal yaitu untuk monitoring komunikasi serial.
- Programmer yaitu untuk menanamkan program yang sudah di-compile ke mikrokontroller.

Berdasarkan namanya pemrograman BASCOM (Basic Compiler) merupakan bahasa yang masih termasuk dalam bahasa pemrograman BASIC. Untuk mempelajari bahasa BASCOM ini tidak jauh berbeda dengan bahasa BASIC (Visual Basic, Turbo Basic, dll). Struktur pemrogramannya juga tidak ada perbedaan hanya perlu lebih mendalami dan mempelajari bahasa pemrograman BASCOM ini saja. Bahasa pemrograman basic banyak digunakan untuk aplikasi mikrokontroler karena kompatibel oleh mikrokontroler jenis AVR dan didukung dengan compiler pemrograman berupa software BASCOM AVR. Bahasa basic memiliki penulisan program yang mudah dimengerti walaupun untuk orang awam sekalipun, karena

itu bahasa ini dinamakan bahasa basic. Jenis perintah programnya seperti *do*, *loop*, *if*, *then*, dan sebagainya masih banyak lagi.



**Gambar 2.13** Tampilan BASCOM AVR

BASCOM AVR sendiri adalah salah satu *tool* untuk pengembangan / pembuatan program untuk kemudian ditanamkan dan dijalankan pada mikrokontroler terutama mikrokontroler keluarga AVR . BASCOM AVR juga bisa disebut sebagai IDE (*Integrated Development Environment*) yaitu lingkungan kerja yang terintegrasi, karena disamping tugas utamanya meng-compile kode program menjadi *file hex* / bahasa mesin, BASCOM AVR juga memiliki kemampuan / fitur lain yang berguna sekali seperti monitoring komunikasi serial dan untuk menanamkan program yang sudah di *compile* ke mikrokontroler.

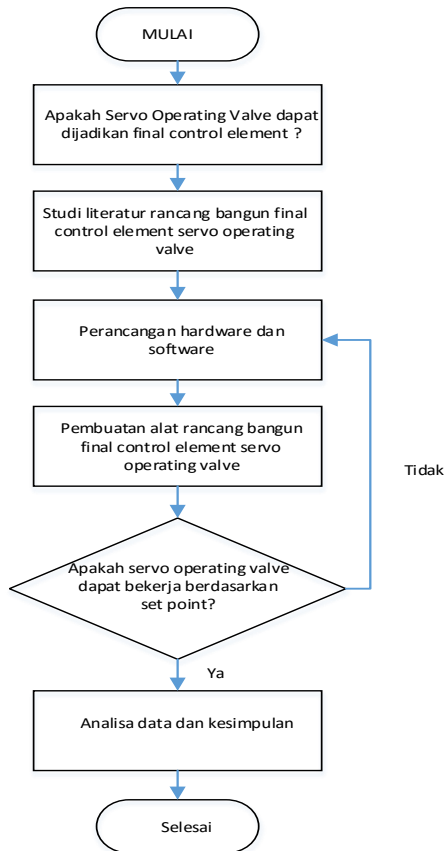
*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 3.1 Perancangan Sistem

Dalam perancangan sistem pada tugas akhir ini memiliki langkah-langkah sebagai berikut ini yang dibuat dalam bentuk *flowchart* :



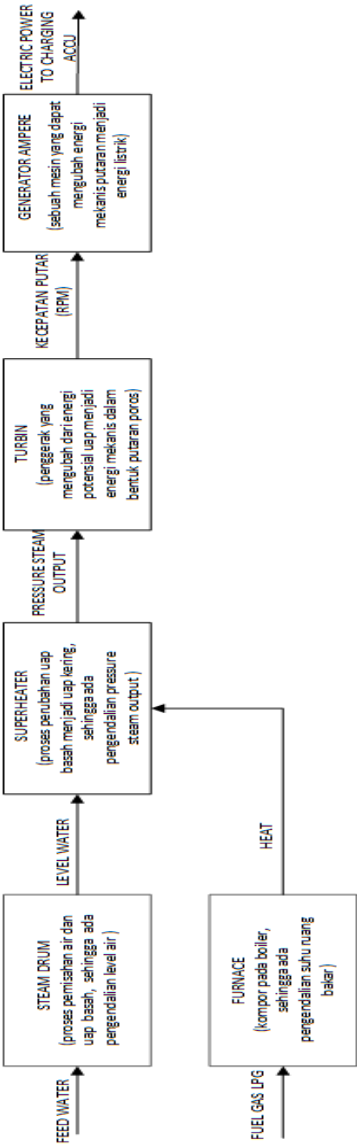
**Gambar 3.1** *Flowchart* Sistem

Adapun penjelasan dari langkah-langkah *flowchart* ini yaitu:

1. Studi literatur lapangan yaitu untuk mencari teori-teori yang akan digunakan dan ideal untuk proses pengerjaan tugas akhir.
2. Perancangan *Hardware* dan *Software* yaitu perancangan alat *Hardware* maupun *software* yang digunakan alat yang digunakan.
3. Pembuatan Alat untuk mulai membuat antara *hardware* dan *software* agar sesuai dan dapat bekerja sesuai dengan *set point* yang ditentukan.
4. Pengujian tahap ini dilakukan uji coba semua komponen berjalan dengan baik apabila tidak berjalan dengan keinginan maka akan kembali ke perancangan perancangan *hardware* dan *software*.
5. Analisa data dan Kesimpulan Tahap terakhir terdapat analisis data yang dihasilkan dari pembuatan sistem pengendalian temperatur, dilakukan penarikan kesimpulan dari semua elemen yang mempengaruhi data tersebut.

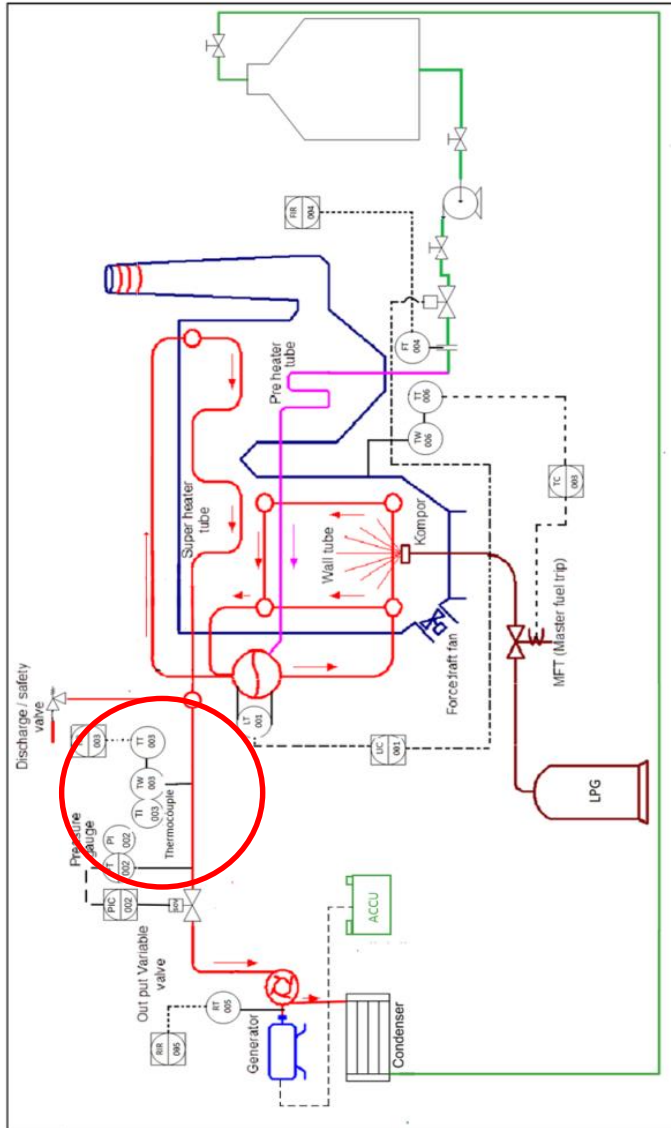
### 3.2 Perancangan Mekanik Alat

Perancangan blok diagram sistem pada boiler yaitu pada gambar 3.2 boiler yang dirancang terdiri dari banyak *equipment*, seperti tangki *feedwater*, boiler, turbin dll. Berikut adalah *Piping and Instrumentation Diagram*. Pada gambar 3.2 merupakan proses yang ada pada boiler yang berawal dari air umpan yang kemudian dialirkan ke *steam drum* pada *steam drum* ini terjadi pemisahan antara fase air dan fase uap, ketinggian air pada *steam drum* harus dijaga sehingga terdapat sistem kontrol level pada *steam drum*, pada proses pembakaran juga terdapat sistem kontrol temperatur pada ruang bakar yang bertujuan untuk menyalahkan dan menghidupkan api secara otomatis,



Gambar 3.2 Block Flow Diagram Boiler

**Gambar 3.3 Piping & Instrumentation Diagram Boiler**



Pada gambar 3.3 yaitu *Piping and Instrumentation Diagram* Boiler Terdapat bagian-bagian yang penting seperti

*steam drum* yang dilengkapi indikator *level glass*, *superheater* dengan indikator *pressure gauge*. Kondisi boiler ini baik dan tanpa kebocoran. Dari boiler ini, dari temperatur  $\pm 150\text{ }^{\circ}\text{C}$  dapat dihasilkan *pressure steam output*  $\pm 4$  bar. Untuk pembakaran di dalam *furnace*, pada tugas akhir ini digunakan *burner* dengan bahan bakar LPG 12 Kg. Pada boiler memiliki perancangan alat seperti pada gambar 3.3 dapat dilihat pada gambar proses pembentukan steam pada boiler ketika *steam* (uap) dihasilkan dengan cara memanaskan atau memasak sebuah masukan terhadap boiler. Dalam hal ini, digunakan air (*feedwater*) sebagai masukannya. Air tersebut akan masuk ke dalam sebuah tempat pembakaran yang disebut dengan *furnace*. Dari *furnace* tersebut akan masuk ke dalam *steam drum* untuk dipisahkan antara uap basah yang masih mengandung air dan uap yang sudah tidak banyak mengandung air. Selanjutnya uap yang masih mengandung air akan kembali dipanaskan sebelum kembali masuk ke dalam *steam drum*. Sedangkan uap yang telah sedikit mengandung air akan diteruskan hingga menuju *superheater* untuk dipanaskan kembali hingga memiliki temperatur dan tekanan yang lebih tinggi. Kemudian dari steam ini akan digunakan untuk memutar turbin yang selanjutnya akan menggerakkan generator

Peletakan rancang bangun aktuator *servo operating valve* terletak di *output steam* setelah melewati *superheater*

### **3.3 Perancangan Sistem Kontrol *Pressure Steam Output***

Sesuai dengan diagram blok sistem pengendalian *close loop pressure steam output* boiler tersebut, setiap blok memiliki instrumen masing-masing yaitu pada sensor atau *transmitter* digunakan *pressure transmitter Altronic Press. Sensor P/N 691201100*. Untuk kontroler digunakan suatu mikrokontroler yaitu *atmega 16*. Sedangkan pada *final control element* digunakan *servo operating valve*.

Pemasangan pressure transmitter ini diletakkan pada jalur *output steam* dari boiler dengan menancapkan pada lubang spiral bagian atas separator dan diparalel dengan pressure gauge. Pressure gauge disini dipasang sebagai indikator pembanding gas yang melewati separator terhadap pressure transmitter dan menjadi acuan kalibrasi pada *pressure transmitter* ini. *Pressure gauge* seperti pada gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Rancang Bangun Sistem *Pressure Steam Output* Baru

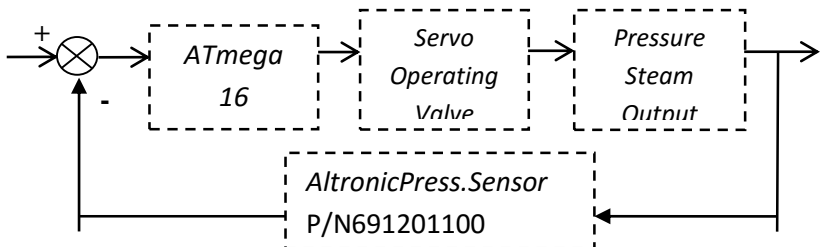
Pemasangan dari *servo operating valve* diletakkan setelah sensor *pressure transmitter* dan pemasangannya di sambungkan dengan lengan *valve* yang tujuannya agar ketika *steam output* yang di kehendaki sudah tercapai maka *servo operating valve* akan membuka, serta akan menutup apabila nilai *steam output* dibawah yang di kehendaki untuk memberikan *steam output* boiler ke turbin. Berikut adalah pembandingan antara *design output steam* pada boiler yang lama dengan yang baru.

Dalam proses pengendalian *output steam* ini, terdapat *pressure* yang dikendalikan. *Pressure steam output* pada boiler ini memiliki posisi yang sangat vital untuk melakukan proses

pengendalian lainnya, sehingga perlu dijaga agar tidak terjadi bahaya dalam proses pengendaliannya. Jika terjadi bahaya, *transmitter* ini akan membaca tekanan yang lebih dari setpoint tersebut untuk dilanjutkan pada tindakan selanjutnya. Tekanan berlebih ini akan naik ke bagian atas separator dan masuk melalui tubing pressure gauge yang kemudian akan diteruskan ke tubing *pressure transmitter* untuk dilakukan pembacaan. Keunggulan sistem yang baru ini terletak pada bagian *final control element* yang menggunakan *servo operating valve*, dibandingkan dengan *final control element* yang lama menggunakan *solenoid valve*, dengan menggunakan *servo operating valve* pipa pada *steam output boiler* lebih aman karena bisa meminimalisir terjadinya *steam hammering* dan lebih mudah untuk perawatannya sendiri, tanpa harus membongkar bagian *valve* nya sendiri, namun cukup di *maintenance* bagian motor servonya apabila mengalami ketidak optimalan kerja dari *servo operating valve* nya sendiri.

### 3.4 Perancangan Blok Diagram Sistem Pengendalian

Berikut adalah diagram blok *close loop* sistem pengendalian *steam output boiler* pada *power plant* di *Workshop Instrumentasi* :



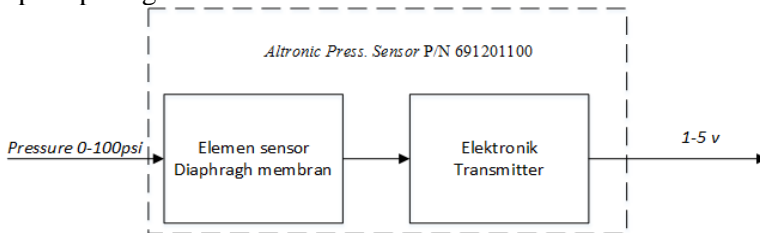
**Gambar 3.5** Diagram Blok Sistem *Pressure Steam Output*

Diagram blok tersebut merupakan sistem dasar dari tugas akhir ini menggunakan elemen kontrol sesuai yang tertera pada blok tersebut. *Feedback* akan diberikan oleh *pressure transmitter* untuk melihat eror yang ada pada *pressure steam output*. Dalam hal

ini untuk *manipulated variabel* (mv) pada motor servo, berupa digital, yaitu akan berupa nyala atau mati (*high or low*) sesuai dengan kondisi *process variable* (pv) yang ada.

Berikut adalah penjelasan detail untuk konfigurasi dan integrasi setiap instrumen tersebut:

- Jenis sensor yang digunakan adalah sensor tekanan yang memiliki range pengukuran dari 0 – 100psi dan memiliki keluaran berupa tegangan 1-5 v, kenaikan pembacaan sensor harus di ikuti dengan kenaikan tegangan keluaran dari sensor, karena *controller* yang digunakan memerlukan masukan tegangan agar bisa di proses di dalamnya, oleh demikian diagram blok sensor *pressure* nya seperti pada gambar 3.7.



**Gambar 3.6** Diagram blok sensor

*Pressure Transmitter Altronic Press. Sensor P/N 691201100* ini merupakan salah satu produk dari *Altronic De 3000* yang memiliki *range* pengukuran 0-100psi dengan hasil keluaran merupakan tegangan 1-5volt. *Pressure Transmitter Altronic Press. Sensor P/N 691201-100* seperti pada gambar 3.4 merupakan jenis pressure transmitter elektrik yang memiliki fungsi yaitu mengubah tekanan yang diterima oleh detector(sensor diaphraghma) dalam transmitter yang kemudian diubah dalam bentuk tegangan dan di transmisikan ke alat selanjutnya yang dalam hal ini adalah mikrocontroller. *Pressure Transmitter* ini sendiri memiliki jenis 3-wire yang berarti memiliki 3 kaki perkabelan yang terdiri dari (+) disambungkan pada (+) power supply, (-) yang disambungkan pada (-) power supply, (sig) merupakan signal output transmitter yang akan menjadi input pada arduino. Disini digunakan power supply



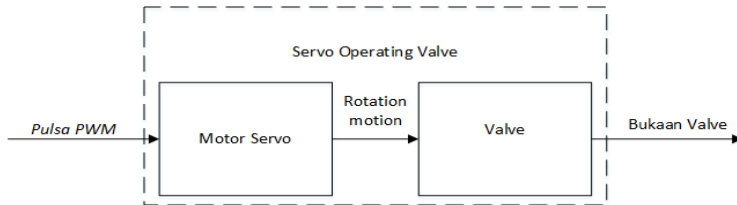
24vdc sehingga dalam kebutuhannya dipasang LM 7805 untuk menurunkan tegangan dari 24vdc menjadi 5v agar sesuai kebutuhan pressure transmitter yaitu 5volt.



**Gambar 3.7** *Pressure Transmitter*

- *Servo Operating Valve*

Pada *final control element* digunakan sebuah *servo operating valve* yang digunakan untuk memanipulasi aliran *steam output* boiler yang akan masuk menuju ke turbin, karena *servo operating valve* sendiri lebih mudah *maintenancenya* di bandingkan *solenoid valve* dan lebih tinggi nilai ketahanannya terhadap uap kering ataupun uap basah. Untuk membuka penuh, pada *servo operating valve* diberikan nilai *pulse of modulation* sebesar 100ms dan untuk menutup secara penuh diberikan nilai *pulse of modulation* sebesar 40ms. Sehingga untuk bentuk diagram blok *servo operating valve* perancangannya dapat dilihat pada gambar 3.6.



**Gambar 3.8** Diagram blok *servo operating valve*

Hasil dari perancangan diagram blok *servo operating valve*, pada bentuk fisiknya setelah di pasang motor servo dengan lengan valve, di dapatkan bentuk fisik dari *servo operating valve* seperti pada gambar 3.6.



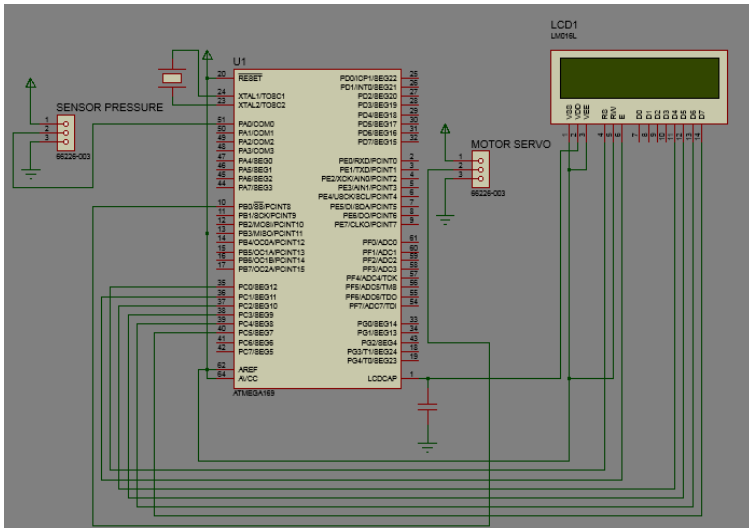
**Gambar 3.9** *Servo Operating Valve*

- ATmega 16

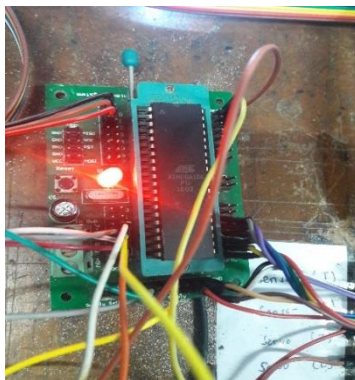
Pada ATmega 16 ini diakifkan pin pada *power*, *analog input*, dan digital. Masing-masing pin tersebut digunakan untuk tampilan LCD, *input* dari *transmitter*, *servo operating valve*. Berikut tabel konfigurasi pin yang digunakan untuk sistem ini: Mikrokontroler AVR 8 Bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah.

- Memiliki kapasitas Flash memori 16 KByte.
- Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D
- CPU terdiri atas 32 register.
- Unit Interupsi internal dan eksternal.
- ADC internal dengan fidelitas 10 bit 8 channel.

- Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
- Port USART untuk komunikasi serial.



**Gambar 3.10** Konfigurasi *Schematic wiring* Atmega 16



**Gambar 3.11** Konfigurasi *Hardware* Pin Atmega 16

Pada penggunaan mikrokontroler ATmega 16 pemilihan *port* dan *bit* pada ATmega ini sangat lah penting , karena tiap *port* dan *bit* nya memiliki fungsi yang berbeda, pada sistem yang dirancang kali ini menggunakan beberapa *port* dan *bit* yaitu, pada *port A bit 0* yang digunakan sebagai masukan dari *Sensor P/N 691201100* karena *port* tersebut digunakan untuk pembacaan ADC, selanjutnya *port B bit 0* digunakan sebagai *outputan* untuk *servo motor* karena di pin tersebut dapat memberikan *output pulse* yang digunakan untuk *servo motor* bergerak, dan yang terakhir adalah pada *port C bit 0* sampai 5 digunakan sebagai konfigurasi pada LCD ( *Liquid Crystal Display*) karena pada pin tersebut dapat memberikan *input* dan *output* digital yang di butuhkan oleh LCD.

- *Pressure gauge steam*

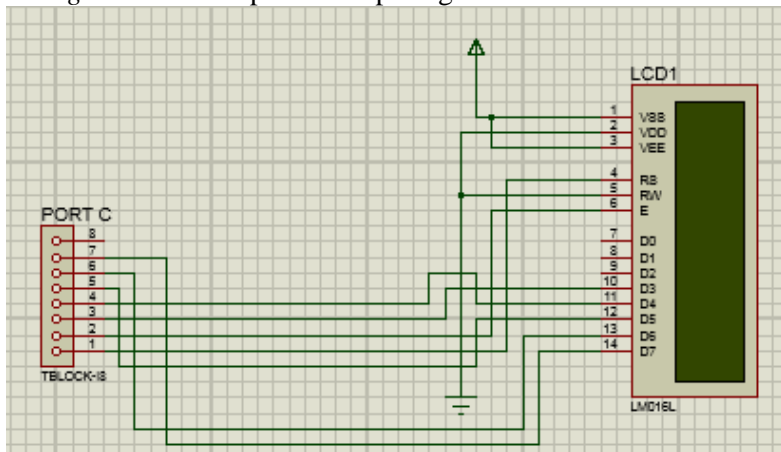
Untuk kalibrasi sensor *pressure transmitter* ini, di butuhkan kalibrator yaitu *pressure gauge steam* agar dapat diketahui nilai *error* pada sensor. Dengan cara di ambil beberapa sampel pembacaan naik yaitu dari 0 bar sampai dengan 4 bar dan sebaliknya.



**Gambar 3.12** *Pressure Gauge*

- Indikator

Sebagai indikator dalam pembuatan tugas akhir ini maka digunakanlah LCD 16x2 sebagai penampil nilai *pressure steam output*. Untuk itu diperlukan rangkaian LCD 16x2 yang tersambung dengan atmega 16 melalui kabel jumper. *Schematic wiring* LCD 16x2 dapat dilihat pada gambar 3.6



**Gambar 3.13** *Schematic wiring* Indikator LCD 16x2

Setelah tersambung semua *port* yang tersedia pada LCD 16x2 seperti pada *schematic wiring* , maka tampilan pada *hardware* nya akan seperti pada gambar 3.9.

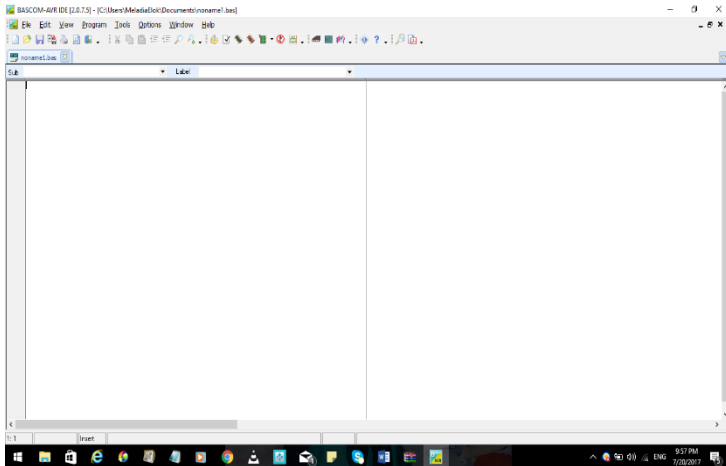


**Gambar 3.14** Indikator LCD 16x2

### 3.6 Perancangan Software

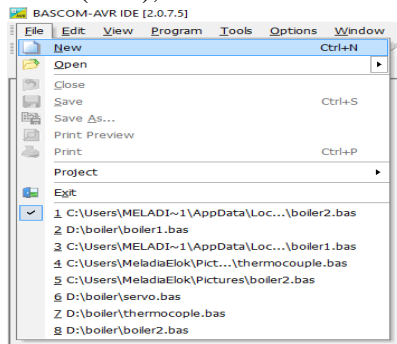
Perancangan sistem *monitoring flow boiler* menggunakan *software Bascom AVR*. *Software Bascom AVR* digunakan untuk memprogram pembacaan dari sensor *flow*. Berikut langkah-langkah untuk membuat program di Bascom AVR :

#### 1. Buka software BASCOM AVR



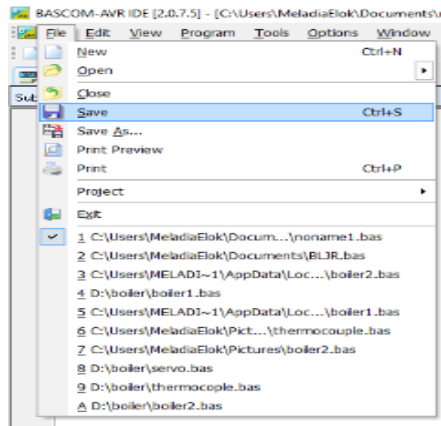
**Gambar 3.15** Tampilan Bascom AVR

#### 2. Pada Menu Bar (Atas), click File >> New



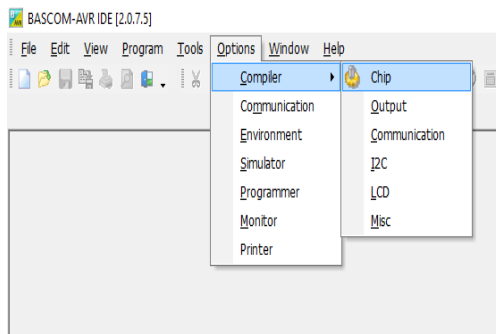
**Gambar 3.16** Membuka halaman *text editor* baru

3. Pada dialog box Save As, beri nama terserah, dianjurkan untuk menyimpan 1 project/ firmware dalam 1 direktori berbeda, karena setelah dikompile nanti akan muncul file-file tambahan lainnya, sehingga lebih mudah mengorganisasikannya. *Click Save.*



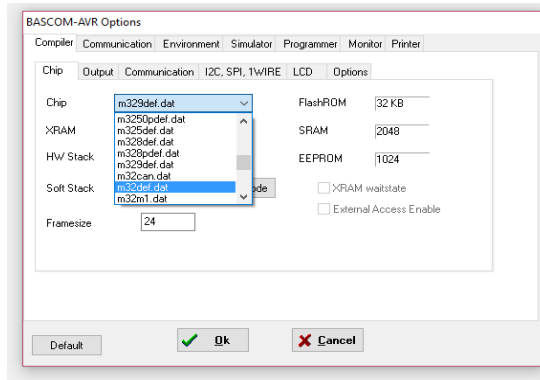
**Gambar 3.17** Penyimpanan *file* Bascom AVR

4. Pada Menu Bar (Atas), click *Option >> Compiler >> Chip*



**Gambar 3.18** Memilih *Chip* Atmega

5. Pada dialog box *Option*, pada menu bar *click Chip >>* Chip: sesuai dengan mikrokontroler yang sedang dikerjakan, contoh disini adalah ATMEGA- 32, maka pilih m832ef.dat.



**Gambar 3.19** Memilih Atmega 32

## 6. Membuat program BASIC

```
Q = Encounter / 60
Q = Q / 8.1
Q = Q * 65.3
Qx = Q

Set PORTD 6
Waitms Utime
Locate 4, 1
Lcd "FLOW" : Q : " L/min"
Reset PORTD 6
Waitms Utime

Print Qx : "a"
Print Mxdata : "b"
Print Encounter2 : "c"

Encounter = 0
Encounter2 = 0

Wait 1
Loop

Getencoder:
Waitms Debouncetime
If Ch = 0 Then
  Incr Encounter
End If
GIER = 64
Return
```

**Gambar 3.20** Tampilan *coding* program





### 3.4 Kalibrasi

Dalam penggunaan alat-alat Tugas Akhir ini dilakukan kalibrasi agar teruji keakuratannya dengan cara membandingkan hasil pengukuran pressure transmitter pada atmega 16 dengan pressure gauge standar dan mengambil data pengukuran pada 0.5 bar, 1bar, 1.5bar, 2bar, 2.5bar, 3bar, 3.5bar, 4bar, dan 5bar. Setelah di temukan nilai yang muncul, dihitung nilai eror dan akurasi dengan cara :

- Koreksi dari hasil pengukuran dihitung ,yaitu dengan cara:

$$X_i = M - m \quad (1.1)$$

dengan:

$X_i$  = koreksi

$M$  = pembacaan standart

$m$  = pembacaan alat

- $Error (\%) = \left| \frac{rata-rata\ error}{rata-rata\ pemb.std} \right| \times 100\% \quad (1.2)$

- Akurasi :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right|, \text{ dengan } Y_n = \text{Pembacaan standar (I) dan} \\ X_n = \text{Pembacaan alat} \quad (1.3)$$

Dari alat sehingga ditemukan nilai 0,99% untuk nilai akurasi sensor pressure ini. Berikut merupakan alat kalibrasi yang digunakan serta sensor yang digunakan:

**Test Device** : Pressure Transmitter Altronic Press.Sensor P/N 691201-100 Atmega 16+LCD 16x2

#### Pressure Gauge

**Product:** Accu Aire

**TYPE** : Pressure Calibrator

## BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Sensor *Pressure Transmitter*

Berikut merupakan tabel hasil pengujian sensor pada *pressure transmitter* yang dibandingkan dengan *pressure gauge steam* sebagai standar dengan satuan bar :

**Tabel 4.1** Hasil Kalibrasi Sensor

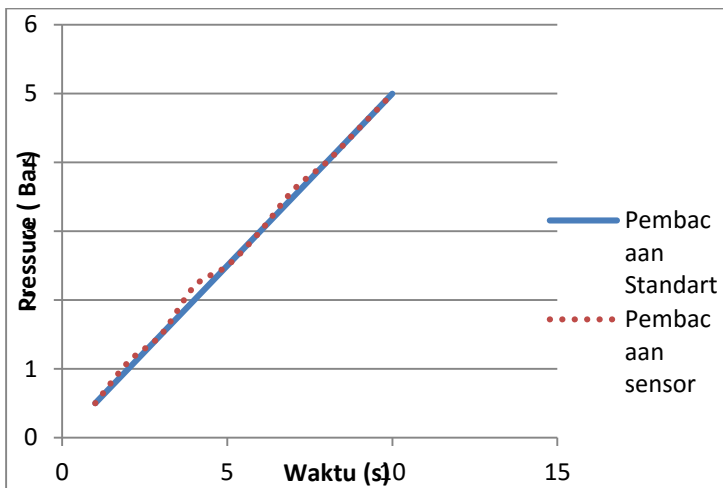
No.	Standar (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pressure (Kg/cm <sup>2</sup> )		Rata- Rata (Kg/cm <sup>2</sup> )
		Pembacaan Naik (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan Turun (Kg/cm <sup>2</sup> )	
1	0,5	0,5	0,4	0,45
2	1	1,1	1	1,05
3	1,5	1,5	1,6	1,55
4	2	2,2	2,1	2,15
5	2,5	2,5	2,5	2,5
6	3	3	3,2	3,1
7	3,5	3,6	3,5	3,55
8	4	4	4,1	4,05
9	4,5	4,5	4,5	4,5
10	5	5	5	5

Dari data tabel 4.1 range pengukuran kalibrasi yang digunakan yaitu 0,5 Kg/cm<sup>2</sup> – 5 Kg/cm<sup>2</sup> dengan 10 titik pengukuran. Karena pembacaan atmega yang ada menggunakan satuan Kg/cm<sup>2</sup> maka pembacaan pada *pressure gauge* pun disesuaikan dengan satuan Kg/cm<sup>2</sup>. Pada setiap titik pengukuran dengan selisih 0,5 Kg/cm<sup>2</sup> bertujuan untuk memudahkan pengaturan dalam *pressure gauge* sebagai pengukuran standar. Pada saat dilakukan kalibrasi menggunakan kompressor untuk *supply* udara bertekanan. diperoleh grafik seperti berikut baik dalam pembacaan naik maupun turun dapat diperoleh grafik sebagai berikut :

#### 4.1.1 Karakteristik Statik

Dalam kalibrasi didapatkan nilai karakteristik static sebagai berikut :

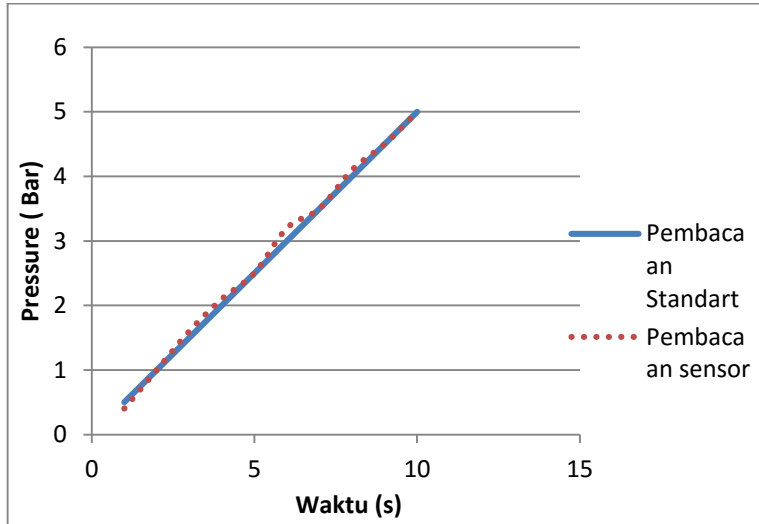
1. Resolusi = 0,01
2. Range = 0,5 Kg/cm<sup>2</sup> – 5 Kg/cm<sup>2</sup>
3.  $Error (\%) = \left| \frac{rata-rata\ error}{rata-rata\ pemb.std} \right| \times 100\%$   
 $Error (\%) = 1,45\%$
4.  $Akurasi = 1 - \left( rata - rata \frac{(pemb.std - pemb.alat)}{pemb.std} \right)$   
 Akurasi = 0,9855  
 % Akurasi = 100 – (0,9855 x 100%)  
 = 99,01%



**Grafik 4.1** Grafik Pembacaan Naik dengan standar

Data tersebut merupakan grafik dari uji sensor yang diperoleh dari pembacaan naik dari 1 hingga 4 dengan menggunakan *pressure gauge* satuan bar. Dari grafik 4.1 diatas dapat di ketahui simpangan pembacaan sensor dibandingkan dengan pembacaan standart, dari simpangan tersebut dapat di peroleh nilai eror dan akurasi sensor yaitu

untuk tingkat akurasi dalam skala persentase adalah 99,01%, dan error pembacaan adalah 1,45%



**Grafik 4.2** Grafik Pembacaan Turun dengan standar

Sedangkan grafik ini merupakan data dari uji sensor yang diperoleh dari pembacaan turun dari 4,5 hingga 1 satuan bar. Dari grafik 4.2 dapat diketahui simpangan pembacaan sensor dibandingkan dengan pembacaan standart, dari simpangan tersebut dapat diperoleh nilai eror dan akurasi sensor yaitu untuk tingkat akurasi dalam skala persentase adalah 99,01%, dan error pembacaan adalah 1,45%

#### 4.2 Pengujian Sistem Pengendalian *Steam output* Boiler

Pada sistem pengendalian *steam output* boiler ini, diberikan nilai setpoint sebesar 4 bar, karena pada nilai 4 bar turbin dapat memutar generator yang nantinya RPM (*Rotation per Minute*) nya telah terpenuhi

Berikut merupakan hasil pengujian sistem pengendalian *pressure steam output* boiler.

**Tabel 4.2** Pembacaan *Pressure* pada Sistem

<b>Waktu (s)</b>	<b><i>Transmitter Pressure</i> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Bukaan valve</b>
60	0,02	0%
120	0,02	0%
180	0,02	0%
240	0,10	0%
300	0,10	0%
360	0,15	0%
420	0,19	0%
480	0,24	0%
540	0,29	0%
600	0,29	0%
660	0,41	0%
520	0,36	0%
580	0,41	0%
640	0,41	0%
700	0,44	0%
760	0,15	0%
820	0,46	0%
880	0,46	0%
940	0,51	0%
1000	0,53	0%
1060	0,56	0%
1120	0,63	0%
1180	0,66	0%
1240	0,7	0%
1300	0,78	0%
1360	0,83	0%
1420	0,87	0%
1480	0,92	0%
1540	1,00	0%
1600	1,04	0%
1660	1,07	0%

**Tabel 4.3** Lanjutan tabel 4.2

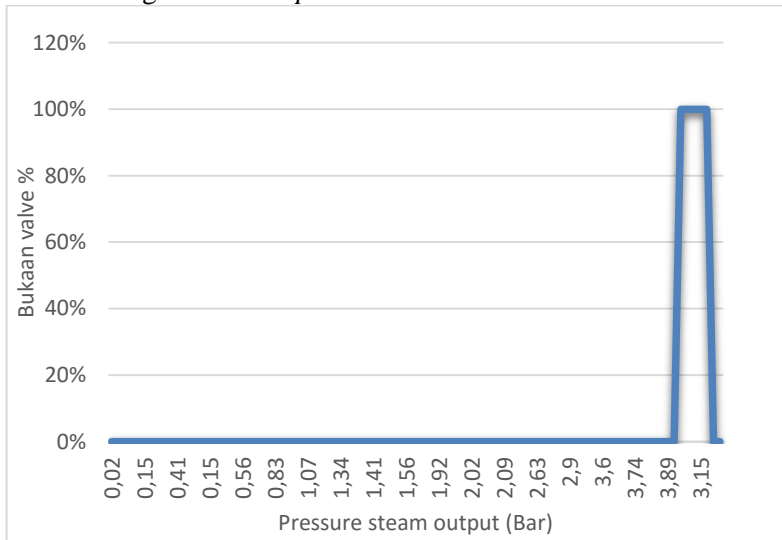
<b>Waktu (s)</b>	<b><i>Pressure</i> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Bukaan valve</b>
1720	1,14	0%
1780	1,22	0%
1820	1,24	0%
1900	1,29	0%
1960	1,34	0%
2020	1,34	0%
2080	1,39	0%
2140	1,41	0%
2200	1,41	0%
2260	1,41	0%
2320	1,41	0%
2380	1,41	0%
2440	1,48	0%
2500	1,51	0%
2560	1,56	0%
2620	1,60	0%
2680	1,63	0%
2740	1,68	0%
2800	1,82	0%
2860	1,92	0%
2920	2,04	0%
2980	2,16	0%
3040	2,11	0%
3100	2,09	0%
3160	2,02	0%
3220	1,94	0%
3280	1,90	0%
3340	1,85	0%
3400	1,99	0%
3460	2,09	0%
3520	2,21	0%
3580	2,30	0%

**Tabel 4.4** Lanjutan tabel 4.3

<b>Waktu (s)</b>	<b><i>Pressure</i> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Bukaan valve</b>
3640	2,35	0%
3700	2,42	0%
3760	2,63	0%
3820	2,69	0%
3880	2,74	0%
3940	2,81	0%
4000	2,84	0%
4060	2,90	0%
4120	3,24	0%
4180	3,45	0%
4240	3,52	0%
4300	3,56	0%
4360	3,60	0%
4420	3,62	0%
4480	3,64	0%
4540	3,69	0%
4600	3,71	0%
4660	3,74	0%
4720	3,80	0%
4780	3,83	0%
4840	3,85	0%
4900	3,87	0%
4960	3,89	0%
5020	3,89	0%
5080	4,11	100%
5140	4,13	100%
5200	4,15	100%
5260	3,15	100%
5360	2,1	100%
5420	1,4	0%
5480	0.7	0%



Data tersebut menunjukkan bahwa *servo operating valve* akan membuka 100% apabila *steam output* boiler masih dibawah *set point* Begitupun sebaliknya, *servo operating valve* akan menutup 0 % bila *steam output* tepat pada *set point*. Di gunakanya mode control *on / off* pada *servo operating valve* di tujukan karena, turbin perlu sentakan *steam output* untuk dapat memutar generator *ampere*.



**Gambar 4.3** Grafik Respon Aktuator

Dari data tersebut diperoleh nilai *steam output* yaitu, Pada saat *servo operating valve* membuka 100% bearti nilai pada *steam output* diatas *set point* lebih kurang dari 4 bar. Pada saat *servo operating valve* menutup bearti nilai pada *steam output* sebesar 4 bar.

**Tabel 4.5** Pengukuran Mencapai *Set Point*

Waktu (s)	Pressure (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan (V)
60	0,02	0.98
120	0,02	0.98
180	0,02	0.98
240	0,10	0.99
300	0,10	0.99

**Tabel 4.6** Lanjutan tabel 4.5

<b>Waktu (s)</b>	<b><i>Pressure</i> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tegangan (V)</b>
360	0,15	0.99
420	0,19	0.98
480	0,24	1.00
540	0,29	1.00
600	0,29	1.01
660	0,41	1.02
520	0,36	1.03
580	0,41	1.04
640	0,41	1.04
700	0,44	1.06
760	0,15	1.05
820	0,46	1.06
880	0,46	1.06
940	0,51	1.07
1000	0,53	1.01
1060	0,56	1.07
1120	0,63	1.07
1180	0,66	1.08
1240	0,7	1.09
1300	0,78	1.09
1360	0,83	1.10
1420	0,87	1.11
1480	0,92	1.12
1540	1,00	1.13
1600	1,04	1.14
1660	1,07	1.15
1720	1,14	1.16
1780	1,22	1.18
1820	1,24	1.19
1900	1,29	1.19
1960	1,34	1.21
2020	1,34	1.22
2080	1,39	1.23

**Tabel 4.7** Lanjutan tabel 4.6

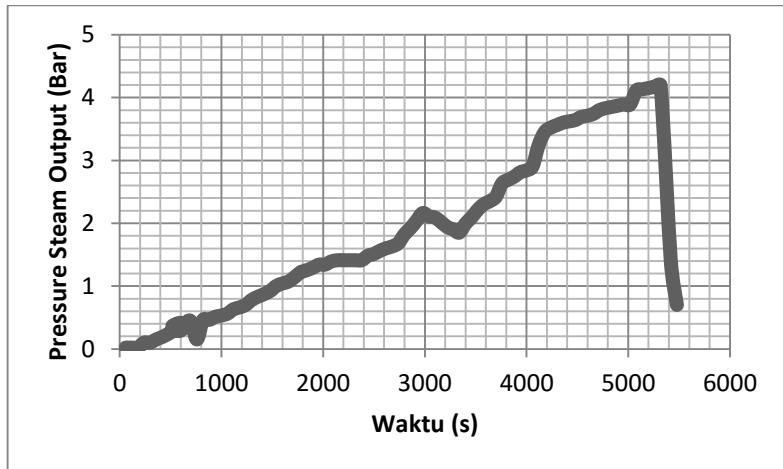
<b>Waktu (s)</b>	<b>Pressure (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tegangan (V)</b>
2140	1,41	1.24
2200	1,41	1.25
2260	1,41	1.25
2320	1,41	1.26
2380	1,41	1.26
2440	1,48	1.26
2500	1,51	1.26
2560	1,56	1.26
2620	1,60	1.26
2680	1,63	1.26
2740	1,68	1.28
2800	1,82	1.28
2860	1,92	1.29
2920	2,04	1.30
2980	2,16	1.30
3040	2,11	1.31
3100	2,09	1.34
3160	2,02	1.36
3220	1,94	1.39
3280	1,90	1.41
3340	1,85	1.40
3400	1,99	1.40
3460	2,09	1.38
3520	2,21	1.37
3580	2,30	2.04
3640	2,35	2.05
3700	2,42	2.05
3760	2,63	2.11
3820	2,69	2.11
3880	2,74	2.12
3940	2,81	2.15
4000	2,84	2.15
4060	2,90	2.30

**Tabel 4.8** Lanjutan tabel 4.7

<b>Waktu (s)</b>	<b>Pressure (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tegangan (V)</b>
4120	3,24	2.30
4180	3,45	2.54
4240	3,52	2.54
4300	3,56	2.54
4360	3,60	2.87
4420	3,62	2.88
4480	3,64	2.88
4540	3,69	2.89
4600	3,71	3.13
4660	3,74	3.13
4720	3,80	3.14
4780	3,83	3.45
4840	3,85	3.45
4900	3,87	3.45
4960	3,89	3.45
5020	3,89	3.56
5080	4,11	3.56
5140	4,13	3.59
5200	4,15	3.72
5260	4,17	3.88
5320	4,19	3.88
5420	1,4	1.26
5480	0.7	1.10

Pada table 4.3 dapat diketahui waktu untuk mencapai *set point pressure* sebesar 4 bar membutuhkan waktu 1,4 jam atau 5080 detik, Karena pada saat boiler di jalankan, pada ruang bakar boiler itu membutuhkan waktu 40 menit untuk bisa memproduksi *steam*, ketika *steam* sudah naik dari steam drum ke pipa *steam output* maka prosesnya sudah bisa di lihat kenaikan steam secara perlahan, dan dapat di lihat pada tampilan LCD di panel ataupun tampilan pada *pressure gauge steam* yang terinstal pada *steam output* boiler. Respon dari *servo operating valve* yang prinsip kerjanya di atur oleh PWM

menyebabkan pada nilai pembacaan sensor 4,19 bar *valve steam output* baru membuka 100%, dengan nilai set point sebesar 4 bar



**Gambar 4.4** Grafik *Response Time steam output boiler*

Dari tabel 4.3 dapat dilihat pada gambar 4.4 grafik *response time* yang dibutuhkan untuk mencapai *set point* sebesar 58 psi. pada grafik *response time* dapat di lihat Kenaikan *steam output linier* dengan kenaikan waktu. Namun ada beberapa data yang turun pada saat *trend respon* naik, itu di sebabkan oleh ketidak kestabilan sensor akibat getaran yang di timbulkan oleh plant seperti salah satu contoh pada saat *pressure steam output* mulai menginjak ke nilai 2,04 bar kemudian *trend* osilasi hingga turun menjadi 1,85 bar, kemudian setelah itu *trend* naik kembali karena pembacaan sensor mulai stabil kembali. Pada saat pembacaan *pressure steam output* mencapai set point maka *servo operating valve* akan membuka 100% dan membuat nilai pembacaan sensor *pressure steam output* akan turun sampai dinilai 0,7 bar , karena pada nilai tersebut *servo operating valve* akan menutup penuh.

### 4.3 Pembahasan

Pada tugas rancang bangun aktuator *servo operating valve* di *output steam* pada *prototype and simulator* boiler ini didapat dua data mengenai pembacaan *pressure transmitter* dan respon dari *servo operating valve* sebagai *manipulated variable*.

*Pressure Transmitter Altronic Press. Sensor P/N 691201100* ini merupakan salah satu produk dari *Altronic De 3000* yang memiliki *range* pengukuran 0-100psi dengan hasil keluaran merupakan tegangan 1-5volt. *Pressure* mengalami kenaikan setiap penambahan waktu. Dari pembacaan *pressure transmitter* terhadap *steam output* ini selain itu juga terjadi penurunan aliran bahan bakar LPG. Akan tetapi secara umum, setiap kenaikan waktu, *steam* yang memiliki temperatur yang juga tinggi mengakibatkan *pressure* juga mengalami kenaikan hingga mengenai *set point* yang telah ditentukan yaitu 4 bar. Pemilihan *set point* ini dikarenakan menyesuaikan dengan turbin agar dapat berputar. Dapat diketahui waktu untuk mencapai *set point pressure* sebesar 4 bar membutuhkan waktu 1,4 jam atau 5320 detik.

Menurut data hasil kalibrasi sensor terhadap *pressure gauge* didapatkan hasil kalibrasi dengan rata-rata pembacaan maximal 4,65 bar dan minimal 0,3 bar. Dari hasil pengujian alat sensor didapatkan nilai error dibawah 5% yaitu 0,279%. Adapun respon dari *servo operating valve* sebagai *final control element* memberikan respon yang sangat peka. Namun karena peka yang tinggi, *steam output* yang dihasilkan mengalami penurunan tekanan yang cepat. Namun untuk kembali menaikkan tekanan memerlukan waktu yang lebih lama daripada menurunkan tekanan. Dari keseluruhan *running* sistem secara umum, sistem pengendalian ini berjalan normal setiap instrumen dan elemen kontrolnya. Hanya terdapat kendala secara proses yang harus menyesuaikan dengan sistem kontrol yang ada.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dari hasil pembuatan tugas akhir ini yaitu:

1. Telah tercipta rancang bangun sistem pengendalian terhadap variabel proses *pressure steam output* boiler pada *power plant* di Workshop Instrumentasi
2. Dari hasil pengujian alat sensor didapatkan didapat nilai standart deviasi 0,706 nilai ketidakpastian pembacaan 0,182 hasil dari rancang bangun *monitoring flow* tersebut memiliki nilai error dibawah 5% yaitu 0,51%. Dari hasil pengujian alat dapat diketahui waktu untuk mencapai *set point pressure* sebesar 4 bar membutuhkan waktu 1,4 jam atau 5320 detik.

#### **2.2 Saran**

Adapun saran dari hasil pembuatan tugas akhir ini yaitu:

1. Untuk pembuatan sistem kontrol dari suatu *plant* perlu ditinjau kembali tentang arus yang digunakan dan memastikan bahwa meminimalisir adanya *loss* arus.
2. Untuk tampilan visual agar lebih menarik dan mempermudah memantau sistem, lebih baik ditambahkan HMI.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sunil P. U, Jayesh J Barve, P S V Nataraj, "Boiler drum level control using QFT", 2013 Nirma University International Conference on Engineering, NUiCONE-2013, 28-30 November 2013.
- [2] J. Makovicka, V. Havlena, and M. Beneš, "Mathematical modelling of steam and flue gas flow in a heat exchanger of a steam boiler," in Proceedings of ALGORITMY–2002. Conference of Scientific Computing, 2002, pp. 171-178.
- [3] Engr.Ejaz ul Haq1 dkk Modeling and Simulation of an Industrial Steam Boiler VOL. 8, NO. 1, January 2016, 7–10 Available online at: [www.ijceit.org](http://www.ijceit.org) E-ISSN 2412-8856
- [4] Gunterus, Frans. 1994. Falsafah Dasar Pengendalian Proses., Elex Media Komputindo, Jakarta.
- [5] Incopera, Frank P. 1996. Fundamental Of Heat and Mass Transfer : Fourt Edition, John Willy and Sons, Inc, USA
- [6] Cahyono, Agus. Tanpa Tahun. *Boiler*. Gresik : PT. Pembangunan Jawa-Bali
- [7] Philips, Charles, "Dasar-dasar Sistem Kontrol", PT Prehanlindo, 1996.
- [8] Ogata, Katsuhiko, "Teknik Kontrol Automatik", Penerbit Erlangga, 1996.
- [9] Gunn, D., and Horton, R. Industrial Boilers, Longman Scientific & Technical, New York

- [10] Tham, M.T. . 2009. *Overview of Measurement Systems and Devices*. Newcastle : Newcastle University  
[orien.ncl.ac.uk/ming/procmeas/measpri.htm](http://orien.ncl.ac.uk/ming/procmeas/measpri.htm) (diakses pada tanggal 20 Juni 2017)
- [11] Andani. 2011. Jurnal Ilmiah Foristek Vol.1, No.2, September 2011
- [12] Atmel Corporation 2010, Diakses 11 Oktober 2012,
- [13] Budiharto, Widodo 2006, BelajarSendiri 12 Proyek Mikrokontroler untuk Pemula, PT Elek Media Komputindo, Jakarta.
- [14] Boylestad, Robert and Louise Nashelsky, “electronic Device and Circuit Theory”, Edisi ke-6 (New Jersey : Prentice Hall, Inc.1996).
- [15] Damaiyanto, Panji, K. 2012.
- [16] Malvino., 1996. “Prinsip-Prinsip Elektroniks”. Jakarta, Erlangga.

## LAMPIRAN A-1

### Listing Program BASCOM AVR

```
$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 11059200

Config Lcdpin = Pin , Rs = Portc.0 , E =
Portc.1 , Db4 = Portc.2
Config Lcdpin = Pin , Db5 = Portc.3 , Db6 =
Portc.4 , Db7 = Portc.5
Config Lcd = 16 * 2

Cls
Cursor Off

Config Adc = Single , Prescaler = Auto ,
Reference = Avcc

Config Spi = Soft , Din = Pind.5 , Dout =
Portd.3 , Ss = None , Clock = Portd.4

Config Servos = 3 , Servo1 = Portb.0 , Servo2
= Portb.1 , Servo3 = Portb.2 , Reload = 10
Disable Interrupts

Config Portb.0 = Output

Config Pind.4 = Output

Dim Dataadc1 As Word
Dim Dataadc2 As Word
Dim Pressure As Single
Dim Volt As Single

Dim Pres As String * 5
Dim Teg As String * 5
```

```
Dim Nilai As Integer
```

```
Cls
```

```
Cursor Off
```

```
Start Adc
```

```
Ddrb.3 = 0
```

```
'Portb.3 = 1
```

```
'servo pressure
```

```
'Servo(1) = 0
```

```
'Servo(1) = 0
```

```
'Servo pressure buka
```

```
'Servo(1) = 100
```

```
'Servo pressure setengah
```

```
'Servo(1) = 0
```

```
'Servo pressure tutup
```

```
'Servo(1) = 40
```

```
Do
```

```
Dataadc1 = Getadc(0)
```

```
Pressure = Dataadc1 - 103
```

```
Pressure = Pressure / 118
```

```
Pres = Fusing(pressure , "#.##")
```

```
Locate 2 , 1
```

```
Lcd "P=" ; Pres ; " "
```

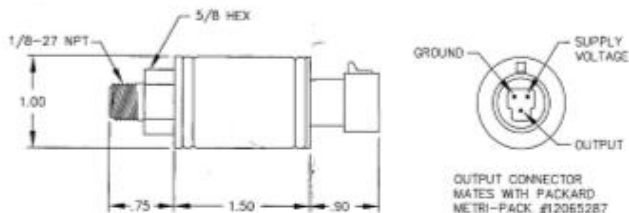
```
'Dataadc2 = Getadc(1)
'Volt = Dataadc2 * 5
'Volt = Volt / 1023
'Teg = Fusing(volt , "#.#")
```

```
If Pressure >= 6 Then
Servo(1) = 100
Elseif Pressure > 2 And Pressure < 5 Then
Servo(1) = 60
Elseif Pressure <= 2 Then
Servo(1) = 40
End If
```

## LAMPIRAN B-1

### DATASHEET PRESSURE TRANSMITTER

#### PRESSURE TRANSDUCER P/N 691 201-X



#### SPECIFICATIONS:

EXCITATION VOLTAGE: +5VDC  $\pm$  25V 20mA MAX (5 mA TYP.)

OUTPUT VOLTAGE: .50V TO 4.50V MIN. TO MAX. PRESSURE, RATIO-METRIC OUTPUT

NULL OFFSET: .50V

TRANSDUCER TYPE: SEALED GAUGE

MATERIAL IN CONTACT WITH MEDIA: 300 SERIES STAINLESS STEEL, NICKEL  
PLATED CARBON STEEL, BRAZE COMPATIBLE

OVERLOAD: 1.5 X RATED RANGE WITHOUT DAMAGE  
3 X RATED RANGE WITHOUT BURSTING

CASE MATERIAL: PLATED STEEL

ACCURACY:  $\pm$ 1% OF SPAN FROM BEST FIT STRAIGHT LINE INCLUDES EFFECTS  
OF NON-LINEARITY, HYSTERESIS AND REPEATABILITY.

COMPENSATED TEMPERATURE RANGE: 0° TO 180°F (-18° TO 82°C)

OPERATING AND STORAGE TEMPERATURE RANGE: -40° TO 221°F (-40 TO 105°C)

TOTAL ERROR:  $\pm$ 4% OF FULL SCALE INCLUDES THE EFFECTS OF  
TEMPERATURE, NON-LINEARITY, HYSTERESIS AND REPEATABILITY.

INSTALLATION: Use a 5/8" wrench to tighten transducer. Do not use  
the case to tighten transducer.

CAUTION: Avoid pressures in excess of full scale pressure or vacuum.  
Overpressure may cause calibration change or damage to the element.  
When selecting a pressure transducer range both static and dynamic  
overloads must be considered. Pressure fluctuations occur in most  
systems. These fluctuations can have very fast peak pressures, as  
in water hammer effects. An oscilloscope can be used to determine  
if high pressure transients exist in a system. Where pressure pulses  
are expected, select a transducer rating high enough to prevent  
overload by the peak pressures. Where high pressure transients are  
unavoidable, use either a higher range transducer or a pulsation dampener  
or snubber to reduce the peak pressure applied to the transducer.

## LAMPIRAN B-1

### DATASHEET ATMEGA 16

#### Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 × 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 16 Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 512 Bytes EEPROM
  - 1 Kbyte Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C\*
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
  - In-System Programming by On-chip Boot Program
  - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 48-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7V - 5.5V for ATmega16L
  - 4.5V - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz for ATmega16L
  - 0 - 16 MHz for ATmega16
- Power Consumption @ 1 MHz, 3V, and 25°C for ATmega16L
  - Active: 1.1 mA
  - Idle Mode: 0.35 mA
  - Power-down Mode: < 1 µA



**8-bit AVR®**  
**Microcontroller**  
**with 16K Bytes**  
**In-System**  
**Programmable**  
**Flash**

**ATmega16**  
**ATmega16L**

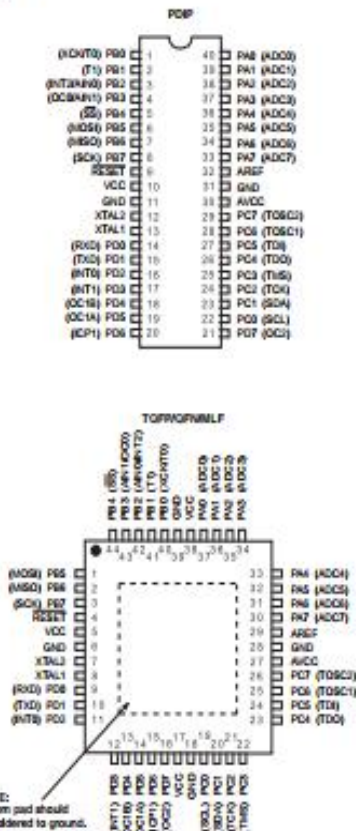
#### Summary

Rev. 2487S-AVR-02/99



## Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega16



## Disclaimer

Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

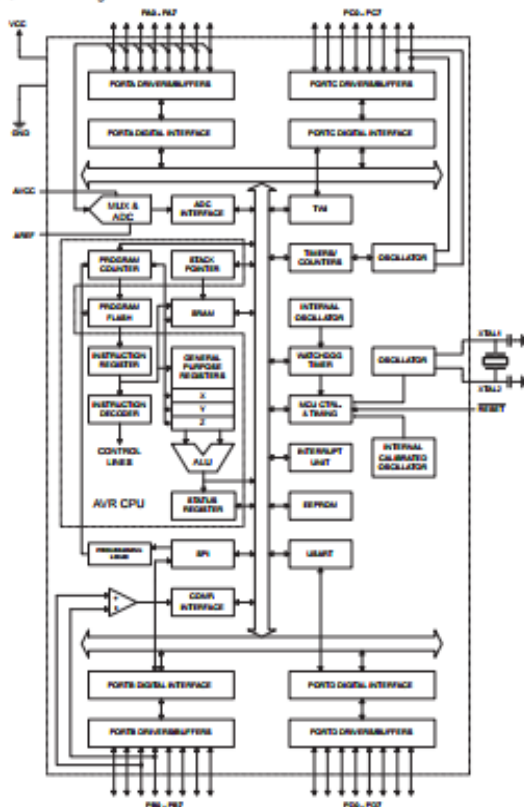


## Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Sidoarjo pada tanggal 20 Oktober 1996. Pada saat ini penulis bertempat tinggal di Jalan Manyar No.65, Surabaya, Jawa Timur. Pada tahun 2007, penulis telah menyelesaikan pendidikan dasar selama 6 tahun di SD Wachid Hasyim 2 Surabaya. Pada tahun 2011, penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 23 Surabaya selama 3 tahun. Pada tahun 2014, penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 20 Surabaya selama 3 tahun. Pada tahun 2017 ini, penulis mampu menyelesaikan pendidikan Diploma di Program Studi D3 Teknik Instrumentasi, Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email [rizal.maulavi@yahoo.com](mailto:rizal.maulavi@yahoo.com).